

EXPRESS MAIL NO. EL 677 509 153 US

DATE OF DEPOSIT 5/9/01



PRIME
#3 VT
7/2-01

Our File No. 9281-3989
Client Reference No. N US00070

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Yoshihiro Kanada et al.)
Serial No. To Be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For: Thin-Film Magnetic Head Having)
Magnetic Gap Formed of NiP)

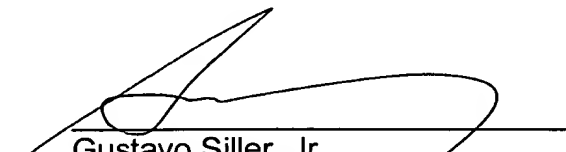
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2000-147421, filed May 19, 2000 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,


Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC950 U.S. PTO

09/851776



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 5月19日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-147421

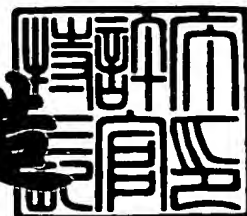
出 願 人
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3016872

【書類名】 特許願

【整理番号】 001055AL

【提出日】 平成12年 5月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 金田 吉弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 矢澤 久幸

【特許出願人】

 【識別番号】 000010098

 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

 【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

 【識別番号】 100085453

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 041070

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

特2000-147421

【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部コア層と、前記下部コア層上に、直接に又は下部磁極層を介して形成されたギャップ層と、前記ギャップ層上に、直接に又はトラック幅を決める上部磁極層を介して形成される上部コア層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層は、NiPによって形成されており、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記NiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記NiP中のPの含有量が12.5質量%以上14質量%以下である請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層の上にギャップ層を介して対向する磁性材料製の上部コア層とを有する、薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

- (a) 前記下部コア層をメッキ形成する工程と、
- (b) 前記下部コア層上に直接、または前記下部コア層上に下部磁極層をメッキ形成した後この下部磁極層上に、ギャップ層をメッキ形成する工程と、
- (c) 前記ギャップ層上に直接、または上部磁極層を介して、上部コア層をメッキ形成する工程とを有し、

前記(b)の工程において、前記ギャップ層を、高周波プラズマ発光分析法によって組成を測定したとき、Pの含有量が11質量%以上14質量%以下となるNiPを用いて形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】 前記(b)の工程において、前記ギャップ層を、高周波プラズマ発光分析法によって組成を測定したとき、Pの含有量が12.5質量%以上14質量%以下となるNiPを用いて形成する請求項3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】 前記(a)、(b)、(c)の工程におけるメッキ形成のう

ち、少なくとも（b）の工程における下部磁極層のメッキ形成を、パルス電流を用いた電気メッキ法によって行う請求項 3 または 4 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッドなどに使用される記録用の薄膜磁気ヘッドに係り、特にギャップ層周辺において、適切な部位で洩れ磁束を発生させることができ、高記録密度化・高記録周波数化に対応可能な薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

図 1 7 は、従来における薄膜磁気ヘッド（インダクティブヘッド）の構造を示す部分正面図である。

【0003】

図 1 7 に示す符号 1 は、パーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層であり、この下部コア層 1 の上に、絶縁層 9 が形成されている。

【0004】

前記絶縁層 9 には、記録媒体との対向面（以下、ABS 面と呼ぶ）からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて、内幅寸法がトラック幅 T_w で形成された溝部 9 a が形成されている。

【0005】

この溝部 9 a 内には、下から順に、下部コア層 1 に磁氣的に接続する下部磁極層 3、ギャップ層 4、及び上部コア層 6 に磁氣的に接続する上部磁極層 5 がメッキ形成されている。さらに、前記上部磁極層 5 上に上部コア層 6 がメッキ形成されている。

【0006】

また、絶縁層 9 に形成された溝部 9 a よりもハイト方向（図示 Y 方向）における前記絶縁層 9 の上には、螺旋状にパターン形成されたコイル層（図示せず）が

設けられている。

【0007】

そして前記コイル層は、レジストなどのコイル絶縁層（図示せず）により覆われており、前記コイル絶縁層の上に、上部コア層6が形成されている。上部コア層6は、その先端部にて上部磁極層5と磁氣的に接続された状態になっている。

【0008】

図17に示すインダクティブヘッドの製造方法について説明すると、まず下部コア層1上に絶縁層9を形成し、前記絶縁層9に、トラック幅 T_w の溝部9aをABS面からハイト方向に所定の長さで形成する。

【0009】

次に前記溝部9a内に、下部磁極層3、ギャップ層4および上部磁極層5をメッキ形成する。その後、絶縁層9に形成された溝部9aよりも後方（ハイト方向）の絶縁層9上に、コイル層をパターン形成する。

【0010】

さらに前記コイル層上を、コイル絶縁層によって覆い、上部磁極層5上から前記コイル絶縁層上にかけて上部コア層6を、フレームメッキ法で形成すると、図17に示すインダクティブヘッドが完成する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

図17に示すインダクティブヘッドでは、コイル層に記録電流が与えられると、下部コア層1及び上部コア層6に記録磁界が誘導され、下部コア層1と磁氣的に接続する下部磁極層3及び上部コア層6と磁氣的に接続する上部磁極層5間からの洩れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。

【0012】

図17に示すインダクティブヘッドでは、ABS面（記録媒体との対向面）付近に、局部的にトラック幅 T_w で形成された下部磁極層3、ギャップ層4、および上部磁極層5を形成しており、このタイプのインダクティブヘッドは、狭トラック化に対応可能となっている。

【0013】

ギャップ層 4 を、N i P などの金属材料を用いて形成すると、下部磁極層 3、ギャップ層 4 および上部磁極層 5 を連続してメッキ形成できるので、磁気ヘッドの製造工程が大幅に簡略化される。

【 0 0 1 4 】

ギャップ層 4 は非磁性である必要がある。もしも、ギャップ層 4 が磁性を有すると、下部磁極層 3 及び上部磁極層 5 に磁束が流れ込んできたときに、この磁束がギャップ層 4 を透過してしまうので、下部磁極層 3 及び上部磁極層 5 との間に漏れ磁界が発生しなくなる。

【 0 0 1 5 】

しかしながら、これまで、薄膜磁気ヘッドのギャップ層を N i P 等の金属材料を用いてメッキ形成するときに、金属材料の組成などの諸条件をどのように設定すると磁性を有しないギャップ層を形成できるのか、ということについての検討はほとんど行なわれてこなかった。

【 0 0 1 6 】

本発明は、上記従来の課題を解決するためのものであり、磁気ヘッドのギャップ層を形成する金属材料の組成を規定することにより、ギャップ層を確実に非磁性にでき、ギャップ層周囲で確実に洩れ磁界を発生させることのできる薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、下部コア層と、前記下部コア層上に、直接に又は下部磁極層を介して形成されたギャップ層と、前記ギャップ層上に、直接に又はトラック幅を決める上部磁極層を介して形成される上部コア層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて

前記ギャップ層は、N i P によって形成されており、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記 N i P 中の P の含有量が 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下であることを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

前記ギャップ層を形成するために N i P が用いられるとき、N i P 中の P の含

有量が 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下であると、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層は非磁性状態になることができる。

【0 0 1 9】

なお、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記 N i P 中の P の含有量が 1 2 . 5 質量%以上 1 4 質量%以下であると、前記ギャップ層に 2 0 0 ℃以上の熱が加えられても、前記ギャップ層は非磁性の状態を維持することができるのでより好ましい。

【0 0 2 0】

従って、本発明では、前記ギャップ層の近傍において漏れ磁界を確実に発生させることができる。

【0 0 2 1】

また、本発明は、磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層の上にギャップ層を介して対向する磁性材料製の上部コア層とを有する、薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

- (a) 前記下部コア層をメッキ形成する工程と、
- (b) 前記下部コア層上に直接、または前記下部コア層上に下部磁極層をメッキ形成した後この下部磁極層上に、ギャップ層をメッキ形成する工程と、
- (c) 前記ギャップ層上に直接、または上部磁極層を介して、上部コア層をメッキ形成する工程とを有し、

前記 (b) の工程において、前記ギャップ層を、高周波プラズマ発光分析法によって組成を測定したとき、P の含有量が 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下となる N i P を用いて形成することを特徴とするものである。

【0 0 2 2】

なお、前記 (b) の工程において、前記ギャップ層を、高周波プラズマ発光分析法によって組成を測定したとき、P の含有量が 1 2 . 5 質量%以上 1 4 質量%以下となる N i P を用いて形成することが好ましい。

【0 0 2 3】

さらに、前記 (a) 、 (b) 、 (c) の工程におけるメッキ形成のうち、少なくとも (b) の工程における下部磁極層のメッキ形成を、パルス電流を用いた電

気メッキ法によって行うことが好ましい。

【0024】

下部磁極層をメッキ形成する時に直流電流を用いると、形成された下部磁極層の表面は湾曲したり、焼けたりすることがあった。下部磁極層の表面が湾曲してしまうと、この下部磁極層の上に積層されるギャップ層も湾曲してしまう。

【0025】

前記下部磁極層のメッキ形成を、パルス電流を用いた電気メッキ法によって行うと、前記下部磁極層のメッキ形成時に、1秒当たりの電荷供給量（＝電流）の最大値を大きくしながら、全体の電荷供給量を抑えることができる。従って、メッキ形成時に前記溝部内の電流密度を均一にできるだけの大きさの電流を供給することと、メッキの焼けを防止することの両方を、同時に達成できる。

【0026】

従って、前記下部磁極層及び前記ギャップ層を、表面の湾曲が小さく、かつ、品質が高いものとして形成することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図2は図1に示す薄膜磁気ヘッドを2-2線から切断し矢印方向から見た部分断面図である。

【0028】

図1に示す薄膜磁気ヘッドは、記録用のインダクティブヘッドであるが、本発明では、このインダクティブヘッドの下に、磁気抵抗効果を利用した再生用ヘッド（MRヘッド）が積層されていてもよい。

【0029】

図1及び図2に示す符号20は、例えばパーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層である。なお、前記下部コア層20の下側に再生用ヘッドが積層される場合、前記下部コア層20とは別個に、磁気抵抗効果素子をノイズから保護するシールド層を設けてもよいし、あるいは、前記シールド層を設けず、前記下部コア層20を、前記再生用ヘッドの上部シールド層として機能させてもよい。

【0030】

図1に示すように前記下部コア層20の両側には、絶縁層23が形成される。また図1に示すように、後述する下部磁極層21の基端から延びる下部コア層20の上面20aはトラック幅方向（図示X方向）と平行な方向に延びて形成されていてもよく、あるいは、前記上部コア層26から離れる方向に傾斜する傾斜面20b、20bが形成されていてもよい。前記下部コア層20の上面に傾斜面20b、20bが形成されることで、サイドフリンジングの発生をより適切に低減させることができる。

【0031】

図1、2に示すように、前記下部コア層20上には、記録コア24が形成され、前記記録コア24は記録媒体との対向面に露出形成されている。この実施例において前記記録コア24はトラック幅Twで形成された、いわばトラック幅規制部である。前記トラック幅Twは、 $0.7\mu\text{m}$ 以下で形成されることが好ましく、より好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【0032】

図1および図2に示す実施例では、前記記録コア24は、下部磁極層21、ギャップ層22、および上部磁極層35の3層膜の積層構造で構成されている。以下、前記磁極層21、35およびギャップ層22について説明する。

【0033】

図1および図2に示すように、前記下部コア層20上には、メッキ下地層25を介して、記録コア24の最下層となる下部磁極層21がメッキ形成されている。前記下部磁極層21は、下部コア層20と磁氣的に接続されており、前記下部磁極層21は、前記下部コア層20と同じ材質でも異なる材質で形成されていてもどちらでもよい。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでもよい。なお前記下部磁極層21の高さ寸法は、例えば $0.3\mu\text{m}$ 程度で形成される。

【0034】

前記下部磁極層21上には、非磁性のギャップ層22が積層されている。本発明では、前記ギャップ層22は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層21上にメッキ形成される。本発明では、前記非磁性金属材料として、NiPが選択

され、NiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下となっている。従って、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層22は非磁性状態になることができる。

【0035】

または、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記NiP中のPの含有量が12.5質量%以上14質量%以下であると、前記ギャップ層22に200℃以上の熱が加えられても、前記ギャップ層22は非磁性の状態を維持することができるのでより好ましい。

【0036】

前記ギャップ層22は、NiPの単層膜で形成されていてもよいし、NiPからなる層とNiP以外の非磁性金属材料からなる層が積層された多層膜で形成されていてもよい。なお前記ギャップ層22の高さ寸法は、例えば0.2μm程度で形成される。

【0037】

次に前記ギャップ層22上には、後述する上部コア層26と磁氣的に接続する上部磁極層35がメッキ形成されている。なお前記上部磁極層35は、上部コア層26と同じ材質で形成されていてもよいし、異なる材質で形成されていてもよい。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでもよい。なお前記上部磁極層35の高さ寸法は、例えば2.4μm～2.7μm程度で形成されている。

【0038】

上記したようにギャップ層22が、金属材料であるNiPで形成されていれば、下部磁極層21、ギャップ層22および上部磁極層35を連続してメッキ形成することが可能になる。

【0039】

なお本発明では前記記録コア24は、上記3層膜の積層構造に限られない。前記記録コア24は、ギャップ層22と上部磁極層35からなる2層膜で形成されていてもよい。

【0040】

また上記したように、記録コア24を構成する下部磁極層21および上部磁極

層 35 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層と同じ材質でも異なる材質で形成されてもどちらでもよいが、記録密度を向上させるためには、ギャップ層 22 に対向する下部磁極層 21 および上部磁極層 35 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層の飽和磁束密度よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。このように下部磁極層 21 および上部磁極層 35 が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

【0041】

前記記録コア 24 は、図 2 に示すように、記録媒体との対向面（ABS 面）からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて長さ寸法 L1 で形成されている。

【0042】

図 2 に示すように、前記記録コア 24 のハイト方向（図示 Y 方向）の後方であって下部コア層 20 上には絶縁下地層 28 を介してコイル層 29 が螺旋状に巻回形成されている。前記絶縁下地層 28 は、例えば、 AlO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 AlN 、 AlSiN 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 SiON のうち少なくとも 1 種からなる絶縁材料で形成されていることが好ましい。

【0043】

さらに前記コイル層 29 の各導体部のピッチ間は、絶縁層 30 によって埋められている。前記絶縁層 30 は、 AlO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 AlN 、 AlSiN 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 SiON のうち少なくとも 1 種から選択されることが好ましい。

【0044】

前記絶縁層 30 は、図 1 に示すように、前記記録コア 24 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側に形成され、前記絶縁層 30 は記録媒体との対向面に露出形成されている。

【0045】

図 2 に示すように、前記絶縁層 30 上には、レジストやポリイミド等の有機絶縁材料で形成された絶縁層 31 が形成され、前記絶縁層 31 上には、第 2 のコイ

ル層 3 3 が螺旋状に巻回形成されている。

【 0 0 4 6 】

図 2 に示すように、前記第 2 のコイル層 3 3 は、レジストやポリイミド等の有機材料で形成された絶縁層 3 2 によって覆われ、前記絶縁層 3 2 上には、NiFe 合金等で形成された上部コア層 2 6 が例えばフレイムメッキ法等によりパターン形成されている。

【 0 0 4 7 】

図 2 に示すように、前記上部コア層 2 6 の先端部 2 6 a は、前記上部磁極層 3 5 上に磁氣的に接続されて形成され、前記上部コア層 2 6 の基端部 2 6 b は、下部コア層 2 0 上に NiFe 合金等の磁性材料で形成された持上げ層 3 6 上に磁氣的に接続されて形成されている。なお前記持上げ層 3 6 は形成されていなくても良く、この場合、前記上部コア層 2 6 の基端部 2 6 b は、下部コア層 2 0 上に直接接続されることになる。

【 0 0 4 8 】

なお図 2 に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層が 2 層積層されているが、1 層で形成されていてもよい。この場合、例えば前記下部コア層 2 0 上であって、記録コア 2 4 のハイト方向後方は絶縁層 3 0 によって埋められ、前記絶縁層 3 0 上にコイル層が形成されることになる。あるいは図 2 に示す第 2 のコイル層 3 3 が形成されず、絶縁層 3 1 上に沿って上部コア層 2 6 が形成されることになる。

【 0 0 4 9 】

また、上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c が、記録媒体との対向面に露出形成されておらず、前記記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に後退して形成されている。前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c が前記記録媒体との対向面からハイト方向に後退して形成されることにより、サイドフリンジングの発生を適正に低減することが可能となり、今後の高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【 0 0 5 0 】

ただし、前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c が記録媒体との対向面に露出形成されていてもよい。

【 0 0 5 1 】

また図 2 に示すように、前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c は、その下部コア層側から上部コア層側（図示 Z 方向）にかけて、ハイト方向（図示 Y 方向）に徐々に深くなる傾斜面または曲面で形成されていてもよい。

【 0 0 5 2 】

なお前記先端面 2 6 c が、下部コア層側から上部コア層側にかけてハイト方向に徐々に深くなる曲面で形成される場合、前記曲面は凸形状で形成されてもよいし、あるいは凹形状で形成されていてもよい。

【 0 0 5 3 】

また、前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c は、トラック幅方向に向かうにしたがって、ハイト方向に徐々に後退する曲面形状で形成されていてもよい。

【 0 0 5 4 】

前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c がトラック幅方向に曲面形状で形成されると、前記先端面 2 6 c と側面間に角が無くなり、前記上部コア層 2 6 と上部磁極層 3 5 間での磁束漏れをさらに低減させることができ、サイドフリンジングの発生をより低減させることが可能である。

【 0 0 5 5 】

ただし、前記上部コア層 2 6 の先端面 2 6 c が、前記記録媒体との対向面に平行な平面で形成されていてもよい。

【 0 0 5 6 】

図 1 に示すように、前記上部磁極層 3 5 上に接合されている端部での上部コア層 2 6 の幅寸法は、前記上部磁極層 3 5 のトラック幅方向の幅寸法よりも大きくなっていることがわかる。これにより、前記上部コア層 2 6 からの磁束を、効率よく前記上部磁極層 3 5 に流すことができ、記録特性の向上を図ることができる。

【 0 0 5 7 】

上部コア層 2 6 と記録コア 2 4 とが重なる部分において、前記上部コア層 2 6 のトラック幅方向における幅寸法は、前記記録コア 2 4 のトラック幅方向における幅寸法の 2 倍～2.5 倍程度であることが好ましい。この範囲内であれば、上

部コア層 2 6 を記録コア 2 4 上に形成する際、前記記録コア 2 4 の上面を、上部コア層 2 6 の幅寸法内にて確実に重ねやすく、また上部コア層 2 6 からの磁束を上部磁極層 3 5 に効率良く流すことができる。

【 0 0 5 8 】

また、記録コア 2 4 は、図 3 に示される本発明の第 2 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドのように、下部コア層 2 0 上に直接メッキ形成されたギャップ層 2 2 と上部磁極層 3 5 の 2 層膜で形成されていてもよい。

【 0 0 5 9 】

図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドの断面図である。

図 4 に示すように、下部コア層 2 0 上には、例えばレジスト等で形成された G d 決め絶縁層 2 7 が形成されており、前記 G d 決め絶縁層 2 7 の表面は、例えば曲面形状で形成されている。そして図 4 に示すように、下部磁極層 2 1、ギャップ層 2 2 のハイト方向の後端部が、前記曲面上に接している。また、上部磁極層 3 5 が前記曲面上に延びて形成されている。

【 0 0 6 0 】

図 2 の薄膜磁気ヘッドでも、前記ギャップ層 2 2 は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層 2 1 上にメッキ形成される。本発明では、前記非磁性金属材料として、Ni P が選択され、Ni P 中の P の含有量が 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下となっている。従って、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層 2 2 は非磁性状態になることができる。

【 0 0 6 1 】

または、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記 Ni P 中の P の含有量が 1 2 . 5 質量%以上 1 4 質量%以下であると、前記ギャップ層 2 2 に 2 0 0 ℃以上の熱が加えられても、前記ギャップ層 2 2 は非磁性の状態を維持することができる。

【 0 0 6 2 】

図 4 に示すように、前記 G d 決め絶縁層 2 7 上における上部磁極層 3 5 の高さ寸法 h 2 は、例えば 1 . 4 μ m ~ 1 . 7 μ m 程度で形成される。

【 0 0 6 3 】

G d 決め絶縁層 2 7 上に上部磁極層 3 5 を形成することで、前記上部磁極層 3 5 の長さ寸法 L 1 を長く形成できるので、前記上部磁極層 3 5 のボリュームを稼ぐことができ、高記録密度化においても前記上部磁極層 3 5 の磁気飽和を低減でき、記録特性の向上を図ることができる。

【 0 0 6 4 】

また図 4 に示すように、前記 G d 決め絶縁層 2 7 の前面から記録媒体との対向面までの長さ寸法 L 2 は、ギャップデプス G d として規制されており、前記ギャップデプス G d は、薄膜磁気ヘッドの電気特性に多大な影響を与えることから、予め所定の長さに設定される。

【 0 0 6 5 】

図 4 の実施例では、前記ギャップデプス G d は、下部コア層 2 0 上に形成された G d 決め絶縁層 2 7 の形成位置によって規制されることになる。

【 0 0 6 6 】

図 5 は、本発明の第 4 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。なお図 5 に示す薄膜磁気ヘッドの図示左側の端面が記録媒体との対向面となっている。

【 0 0 6 7 】

本実施の形態では、下部コア層 4 0 の上に、非磁性金属材料からなるギャップ層 4 1 が下部コア層 4 0 上にメッキ形成されている。本発明では、非磁性金属材料として、Ni P が選択され、Ni P 中の P の含有量が 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下となっている。従って、ギャップ層 4 1 に熱が加えられない状態において、ギャップ層 4 1 は非磁性状態になることができる。

【 0 0 6 8 】

または、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記 Ni P 中の P の含有量が 1 2 . 5 質量%以上 1 4 質量%以下であると、ギャップ層 4 1 に 2 0 0 ℃以上の熱が加えられても、ギャップ層 4 1 は非磁性の状態を維持することができる。

【 0 0 6 9 】

さらにギャップ層 4 1 の上にはポリイミドまたはレジスト材料製の絶縁層 4 2

を介して平面的に螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層 4 3 が設けられている。なお、前記コイル層 4 3 は Cu (銅) などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料で形成されている。

【 0 0 7 0 】

さらに、前記コイル層 4 3 はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層 4 4 に囲まれ、絶縁層 4 4 の上に軟磁性材料製の上部コア層 4 5 が形成されている。

【 0 0 7 1 】

図 5 に示すように、上部コア層 4 5 の先端部 4 5 a は、記録媒体との対向面において、下部コア層 4 0 の上にギャップ層 4 1 を介して対向し、ギャップ長 G 1 の磁気ギャップが形成されており、上部コア層 4 5 の基端部 4 5 b は、下部コア層 4 0 と磁氣的に接続されている。

【 0 0 7 2 】

下部コア層 4 0 の飽和磁束密度 M_s は高いことが好ましいが、上部コア層 4 5 の飽和磁束密度 M_s よりも低くすることにより、下部コア層 4 0 と上部コア層 4 5 との間における洩れ磁界を磁化反転しやすくすると、より記録媒体への信号の書込み密度を高くできる。

【 0 0 7 3 】

図 6 から図 11 は、図 1 及び図 2 に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一連の製造工程図である。

【 0 0 7 4 】

まず図 6 では、下部コア層 2 0 上に、レジスト層 5 1 を塗布形成している。前記レジスト層 5 1 の厚さ寸法 H_3 は、少なくとも図 1 に示す完成した薄膜磁気ヘッドにおける記録コア 2 4 の厚さ寸法 H_1 よりも厚く形成されていなければならない。

【 0 0 7 5 】

次にレジスト層 5 1 に、露光現像によって、記録媒体との対向面からハイト方向 (図示 Y 方向) に所定の長さ寸法であって、且つトラック幅方向 (図示 X 方向) に所定の幅寸法で形成される溝 5 1 a を形成し、溝 5 1 a 内に、記録コア 2 4

を形成する。

【0076】

図4に示すように記録コア24は、下から下部磁極層21、ギャップ層22、および上部磁極層35で構成され、これら各層は、メッキ下地層25を下地として連続してメッキ形成されている。

【0077】

本発明では、ギャップ層22を非磁性金属材料を用いて形成する。本発明では、前記非磁性金属材料として、NiPを選択し、NiP中のPの含有量を11質量%以上14質量%以下とする。従って、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層22を非磁性状態にすることができる。

【0078】

または、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記NiP中のPの含有量を12.5質量%以上14質量%以下にすると、後の工程において、ギャップ層22に200℃以上の熱が加えられても、ギャップ層22は非磁性の状態を維持することができるのでより好ましい。

【0079】

また、本実施の形態では、下部磁極層21をパルス電流を用いた電気メッキ法を用いて、メッキ形成する。

【0080】

下部磁極層21のメッキ形成をパルス電流を用いた電気メッキ法によって行うと、下部磁極層21のメッキ形成時に、1秒当たりの電荷供給量(=電流)の最大値を大きくしながら、全体の電荷供給量を抑えることができる。従って、メッキ形成時に溝部51a内の電流密度を均一にできるだけ大きさの電流を供給することと、メッキの焼けを防止することの両方を、同時に達成できる。従って、下部磁極層21の表面の湾曲を抑え、ほぼ平坦にすることが出来る。

【0081】

なお、下部コア層20、ギャップ層22、上部磁極層35、コイル層29、及び上部コア層26をパルス電流を用いた電気メッキ法によって形成してもよい。

【0082】

なお溝 5 1 a 内に形成される記録コア 2 4 の膜構成は、上記した 3 層の構成に限られない。すなわち、記録コア 2 4 は、下部コア層 2 0 と連続する下部磁極層 2 1 及び／または上部コア層 2 6 と連続する上部磁極層 3 5 が形成され、上部コア層 2 6 又は下部コア層 2 0 の一方とこれに対向する前記一方の磁極層の間、或いは、下部磁極層 2 1 と上部磁極層 3 5 の間に位置するギャップ層 2 2 で構成されれば、どのような膜構成であってもかまわない。

【 0 0 8 3 】

またレジスト層 5 1 のハイト方向（図示 Y 方向）後端には、露光現像によって穴部 5 1 b を形成し、この穴部 5 1 b 内に、図 7 に示される磁性材料製の持ち上げ層 3 6 をメッキ形成する。

【 0 0 8 4 】

図 7 に示す工程ではレジスト層 5 1 を除去した状態を示しており、下部コア層 2 0 上には、A B S 面付近に記録コア 2 4 が形成され、記録コア 2 4 からハイト方向に離れた位置に持ち上げ層 3 6 が形成されている。

【 0 0 8 5 】

なお図 7 に示す記録コア 2 4 の両側面（図示 X 方向における側面）を、トラック幅方向（図示 X 方向）からイオンミリングで削り、記録コア 2 4 の幅寸法を小さくすることもできる。このイオンミリングによって削られた記録コア 2 4 の幅寸法がトラック幅 T_w として規定される。

【 0 0 8 6 】

なお前記イオンミリングによって、記録コア 2 4 の基端から延びるトラック幅方向（図示 X 方向）の下部コア層 2 0 の上面も削られていき、図 1 に示すような傾斜面 2 0 b、2 0 b が下部コア層 2 0 上面に形成される。

【 0 0 8 7 】

次に図 8 に示す工程では、記録コア 2 4 上から下部コア層 2 0 上、さらには持ち上げ層 3 6 上からハイト方向にかけて、絶縁材料で形成された絶縁下地層 2 8 をスパッタ形成する。

【 0 0 8 8 】

そして図 8 に示すように、絶縁下地層 2 8 上に、コイル層 2 9 を螺旋状にパタ

ーン形成する。コイル層 2 9 を記録コア 2 4 の、図 1 0 に示される、接合面 2 4 a よりも下部コア層 2 0 側に位置するように形成する。

【 0 0 8 9 】

次に図 9 に示す工程では、コイル層 2 9 上を絶縁層 3 0 により覆う。このとき、記録コア 2 4 上および持上げ層 3 6 上も絶縁層 3 0 によって覆われる。

【 0 0 9 0 】

なお本実施の形態では絶縁層 3 0 を無機材料によってスパッタ形成する。前記無機材料には、 Al_2O_3 、 SiN 、 SiO_2 のうちから 1 種または 2 種以上を選択することが好ましい。

【 0 0 9 1 】

そして図 9 に示すように、絶縁層 3 0 の表面を CMP 技術などを利用して研磨し、記録コア 2 4 の表面及びコイル層 2 9 の表面が露出する B - B 線上まで削っていく。その状態を示すのが、図 1 0 である。ただし、コイル層 2 9 の表面は絶縁層 3 0 の表面と同一平面上に露出しなくてもよい。

【 0 0 9 2 】

また上記の CMP 法によって、絶縁層 3 0 の表面は、記録コア 2 4 の接合面 2 4 a と同一平面上で平坦化されて形成されている。

【 0 0 9 3 】

次に、図 1 1 に示されるように、絶縁層 3 0 上に絶縁層 3 1 を介して、第 2 のコイル層 3 3 を螺旋状にパターン形成する。第 1 層目のコイル層 2 9 と第 2 のコイル層 3 3 とは、それぞれの巻き中心部を介して電氣的に接続される。さらに、第 2 のコイル層 3 3 を、レジストやポリイミドなどの有機絶縁材料で形成された絶縁層 3 2 によって覆い、絶縁層 3 2 上に上部コア層 2 6 を、フレームメッキ法などの既存の方法でパターン形成する。

【 0 0 9 4 】

図 1 1 に示すように上部コア層 2 6 は、その先端部 2 6 a にて記録コア 2 4 上に接して形成され、また基端部 2 6 b にて下部コア層 2 0 上に形成された持上げ層 3 6 上に磁氣的に接して形成される。

【 0 0 9 5 】

図 1 2 から図 1 5 は、本発明の薄膜磁気ヘッドの他の製造方法を示す一連の製造工程図である。

【 0 0 9 6 】

まず、図 1 2 に示されるように、下部コア層 2 0 上に、メッキ下地層 2 5 を介して絶縁層 3 0 を形成する。

【 0 0 9 7 】

絶縁層 3 0 として使用される絶縁材料には、 AlO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 TiO_2 、 Ti_2O_3 、 AlN 、 $AlSiN$ 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 Ni_3O_4 、 Ni_2O_3 、 WO 、 WO_2 、 W_2O_5 、 WO_3 、 BN 、 CrN のうち少なくとも 1 種が選択され、絶縁層 3 0 は、単層であるいは多層化されて、スパッタ法や蒸着法などで形成されている。

【 0 0 9 8 】

なお、絶縁層 3 0 の厚さ寸法は、約 $1.0\mu m$ から $4.0\mu m$ 程度である。

次に、絶縁層 3 0 上にレジスト材料をスピンコート法などで塗布し、レジストの露光現像及び異方性エッチングによって、絶縁層 3 0 に、図 1 3 に示されるような、ほぼトラック幅 T_w で形成された溝部 3 0 a 及び穴部 3 0 b を形成する。溝部 3 0 a の幅寸法は、 $1.0\mu m$ 以下、好ましくは、 $0.7\mu m$ 以下で形成される。また溝部 3 0 a の長さ寸法 L は、形成する薄膜磁気ヘッドのギャップデプスとほぼ同じか、あるいはそれよりも長く形成する。

【 0 0 9 9 】

なお、前記異方性エッチングには、例えば反応性イオンエッチング法 (RIE 法) を使用することが可能である。異方性エッチングにより形成された溝部 3 0 a は、絶縁層 3 0 の表面 3 0 c に対して垂直に削り込まれる。

【 0 1 0 0 】

次に、溝 3 0 a 内に、記録コア 2 4 を形成する。図 1 4 に示すように記録コア 2 4 は、下から下部磁極層 2 1、ギャップ層 2 2、および上部磁極層 3 5 で構成され、これら各層は、メッキ下地層 2 5 を下地として連続してメッキ形成されている。

【 0 1 0 1 】

本発明では、ギャップ層 2 2 を非磁性金属材料を用いて形成する。本発明では、前記非磁性金属材料として、NiP を選択し、NiP 中の P の含有量を 1 1 質量%以上 1 4 質量%以下とする。従って、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層 2 2 を非磁性状態にすることができる。

【0 1 0 2】

または、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記 NiP 中の P の含有量を 1 2. 5 質量%以上 1 4 質量%以下にすると、後の工程において、ギャップ層 2 2 に 2 0 0℃以上の熱が加えられても、ギャップ層 2 2 は非磁性の状態を維持することができるのでより好ましい。

【0 1 0 3】

なお溝部 3 0 a 内に形成される記録コア 2 4 の膜構成は、上記した 3 層の構成に限られない。すなわち、記録コア 2 4 は、下部コア層 2 0 と連続する下部磁極層 2 1 及び／または上部コア層 2 6 と連続する上部磁極層 3 5 が形成され、上部コア層 2 6 又は下部コア層 2 0 の一方とこれに対向する前記一方の磁極層の間、或いは、下部磁極層 2 1 と上部磁極層 3 5 の間に位置するギャップ層 2 2 で構成されれば、どのような膜構成であってもかまわない。

【0 1 0 4】

また、本実施の形態では、下部磁極層 2 1 をパルス電流を用いた電気メッキ法を用いて、メッキ形成する。

【0 1 0 5】

下部磁極層 2 1 のメッキ形成をパルス電流を用いた電気メッキ法によって行くと、下部磁極層 2 1 のメッキ形成時に、1 秒当たりの電荷供給量（＝電流）の最大値を大きくしながら、全体の電荷供給量を抑えることができる。従って、メッキ形成時に溝部 3 0 a 内の電流密度を均一にできるだけ大きさの電流を供給することと、メッキの焼けを防止することの両方を、同時に達成できる。従って、下部磁極層 2 1 の表面の湾曲を抑え、ほぼ平坦にすることが出来る。

【0 1 0 6】

次に、図 1 5 に示されるように、絶縁層 3 0 上にコイル層 6 0 を螺旋状にパターン形成する。さらに、コイル層 6 0 を、レジストやポリイミドなどの有機絶縁

材料で形成された絶縁層 3 2 によって覆い、絶縁層 3 2 上に上部コア層 2 6 を、フレームメッキ法などの既存の方法でパターン形成する。

【 0 1 0 7 】

図 1 5 に示すように上部コア層 2 6 は、その先端部 2 6 a にて記録コア 2 4 上に接して形成され、また基端部 2 6 b にて下部コア層 2 0 上に形成された持ち上げ層 3 6 上に磁氣的に接して形成される。

【 0 1 0 8 】

本実施の形態では、コイル層 6 0 を 1 層で形成しているが、絶縁層 3 0 内にコイル層をパターン形成することにより、図 2 に示された薄膜磁気ヘッドのように、2 層のコイル層を形成してもよい。

【 0 1 0 9 】

なお、下部コア層 2 0、ギャップ層 2 2、上部磁極層 3 5、コイル層 6 0、及び上部コア層 2 6 をパルス電流を用いた電気メッキ法によって形成してもよい。

【 0 1 1 0 】

【実施例】

メッキ形成された N i P の P 含有量と、N i P の飽和磁束密度との関係を調べた。結果を図 1 6 に示す。

【 0 1 1 1 】

メッキ形成後に N i P を加熱しないとき、N i P の P 含有量が 1 1 質量%以上になると、N i P は非磁性状態になることがわかる。このとき、N i P は非晶質状態である。

【 0 1 1 2 】

さらに、メッキ形成後に N i P を 2 0 0 ℃、2 4 0 ℃及び 3 0 0 ℃の温度で加熱したときの、N i P の P 含有量と、N i P の飽和磁束密度との関係を調べた。

【 0 1 1 3 】

非加熱状態で非磁性状態である非晶質の N i P を加熱すると、P の含有量によっては、N i P が結晶質に変化して磁性を有するようになる。

【 0 1 1 4 】

図 1 6 から、N i P の P 含有量が 1 2 . 5 質量%以上になると、N i P を 2 0

0℃、240℃及び300℃のいずれの温度で加熱処理しても、NiPの非晶質状態は維持され、非磁性状態のままであることがわかる。

【0115】

本発明の薄膜磁気ヘッドを、実際に製造するときには、製造中の薄膜磁気ヘッドを200℃以上の温度で熱処理する工程を有することがある。本実施例から、薄膜磁気ヘッドのギャップ層をNiPによって形成するときには、NiPのP含有量を12.5質量%以上とすると、ギャップ層形成後に、薄膜磁気ヘッドを200℃以上の温度で熱処理しても、ギャップ層を形成しているNiPの非磁性状態が維持されることがわかる。

【0116】

また、製造中の薄膜磁気ヘッドを熱処理する工程を有しないときは、NiPのP含有量が11質量%以上であれば、ギャップ層を形成しているNiPは非磁性状態になる。

【0117】

なお、NiPをメッキ形成するとき、メッキ液中のP含有量を過剰にしても、形成されたNiP中のP含有量は14質量%を越えることはない。従って、本発明においてギャップ層をNiPで形成するとき、NiP中のP含有量の上限值は、14質量%である。

【0118】

なお、NiP中のP含有量は、高周波誘導プラズマ(ICP)法によって測定された値である。

【0119】

【発明の効果】

以上詳細に説明した本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの前記ギャップ層を形成するためにNiPが用いられ、さらに、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下とされることにより、前記ギャップ層に熱が加えられない状態において、前記ギャップ層は非磁性状態になることができる。

【0120】

また、高周波プラズマ発光分析法によって測定された前記N i P中のPの含有量が1 2. 5質量%以上1 4質量%以下であると、前記ギャップ層に2 0 0℃以上の熱が加えられても、前記ギャップ層は非磁性の状態を維持することができる。

【 0 1 2 1 】

従って、本発明では、前記ギャップ層近傍において漏れ磁界を確実に発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す正面図、

【図2】

図1の薄膜磁気ヘッドの2-2線における部分断面図、

【図3】

本発明の第2の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す部分断面図、

【図4】

本発明の第3の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す部分断面図、

【図5】

本発明の第4の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す部分断面図、

【図6】

本発明の図1及び図2に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図7】

図6に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図8】

図7に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図9】

図8に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図10】

図9に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図11】

図 1 0 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 2】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法の他の実施の形態を示す一工程図、

【図 1 3】

図 1 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 4】

図 1 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 5】

図 1 4 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 6】

N i P 中の P 含有量と N i P の飽和磁束密度との関係を示すグラフ、

【図 1 7】

従来における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

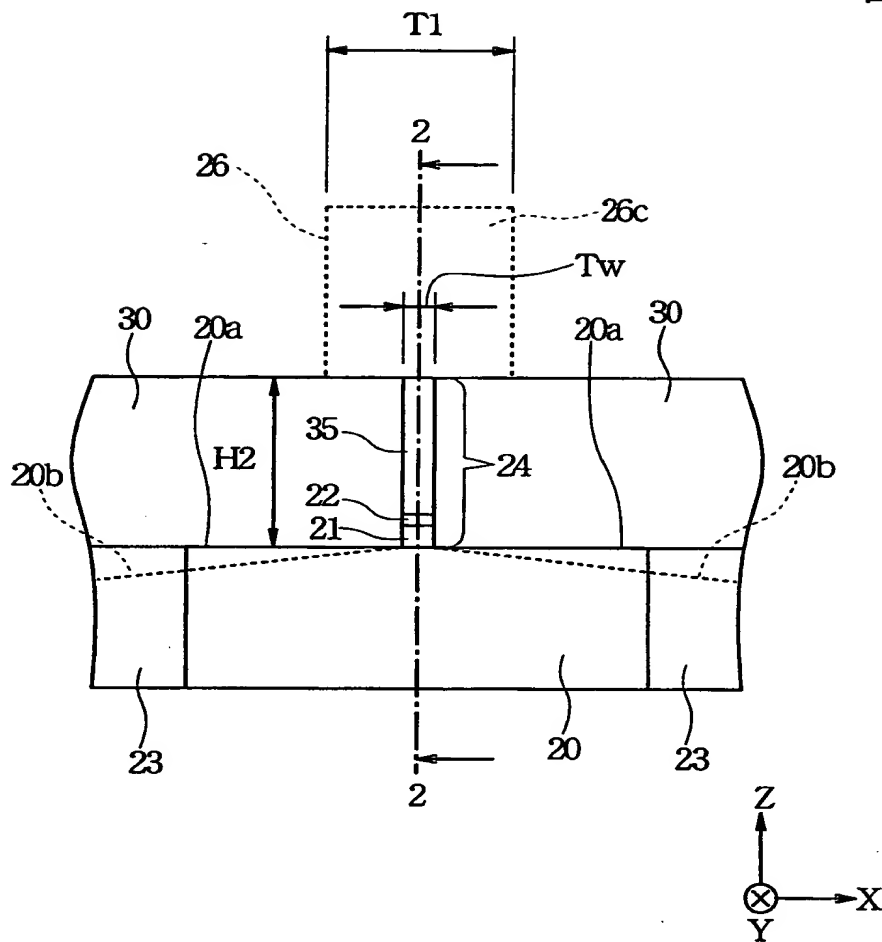
【符号の説明】

- 2 0 下部コア層
- 2 1 下部磁極層
- 2 2 ギャップ層
- 2 8 絶縁下地層
- 2 6 上部コア層
- 2 9、4 3、6 0 コイル層
- 3 3、4 4 第 2 コイル層
- 3 5 上部磁極層
- 5 1 レジスト層

【書類名】 図面

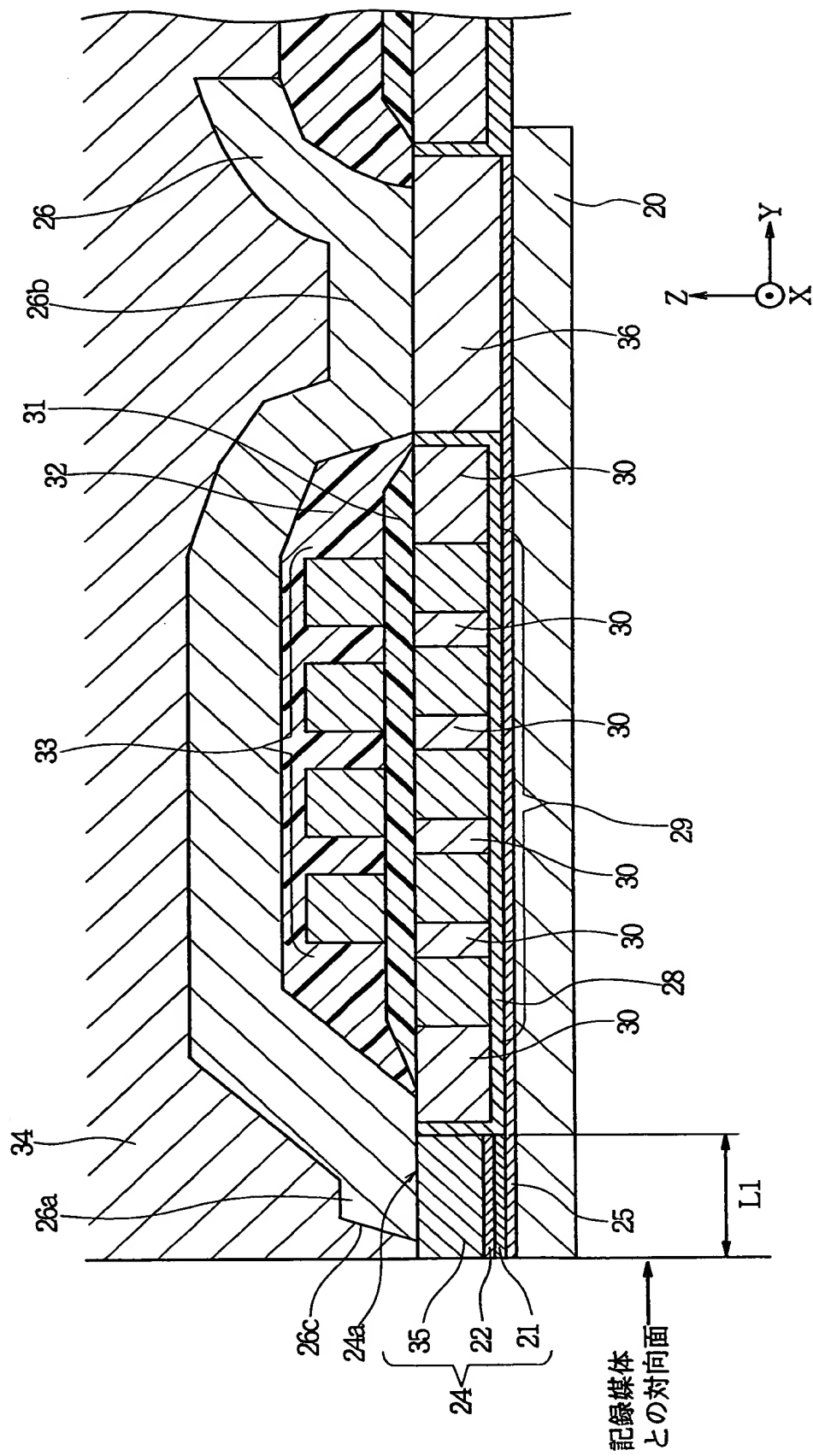
【図 1】

図 1

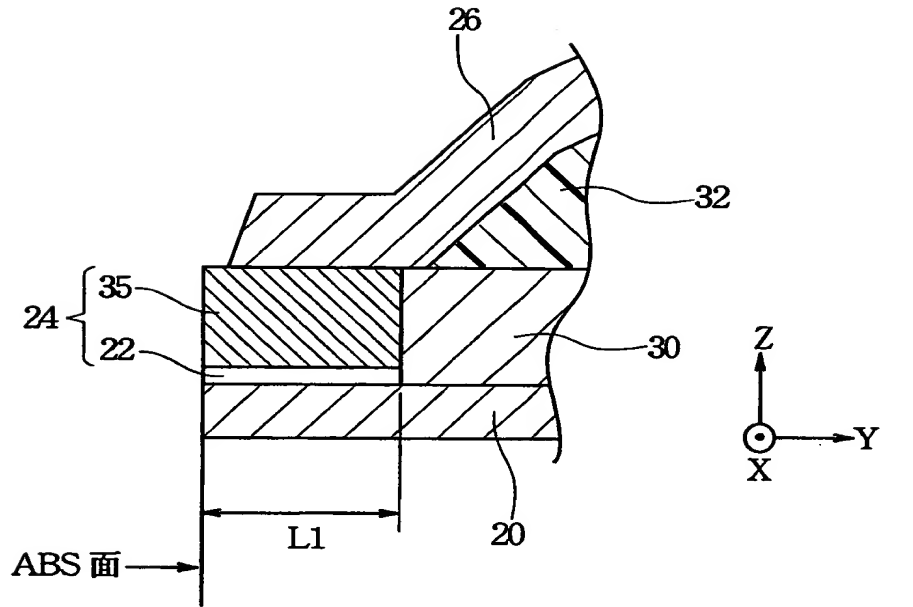


【図 2】

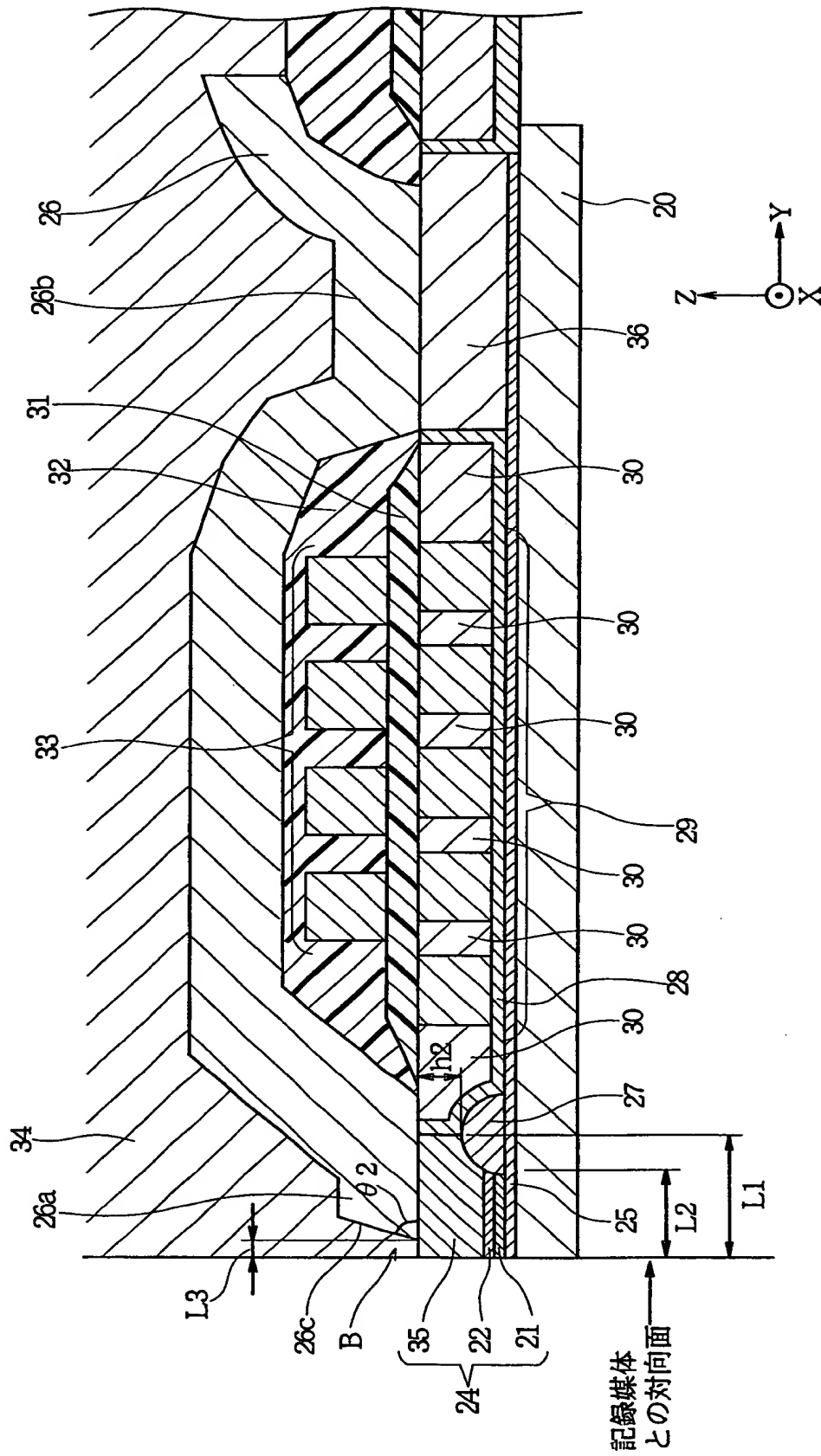
図 2



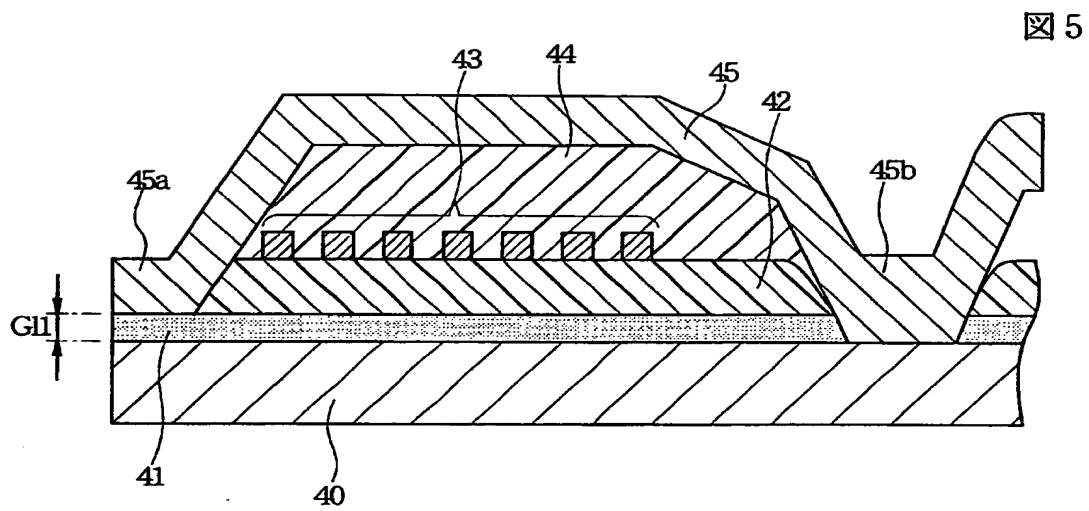
【図3】



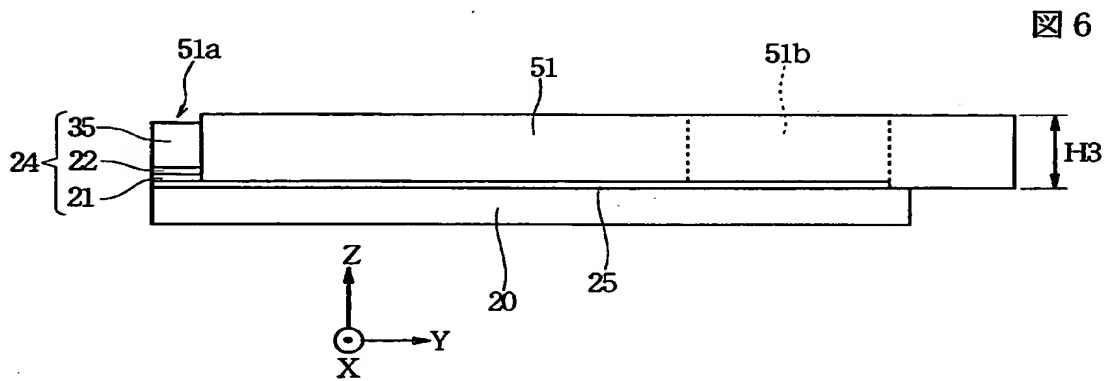
【図4】



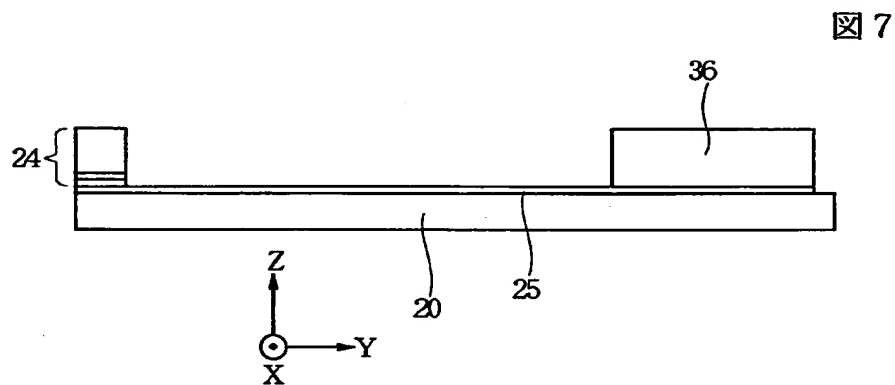
【図 5】



【図 6】

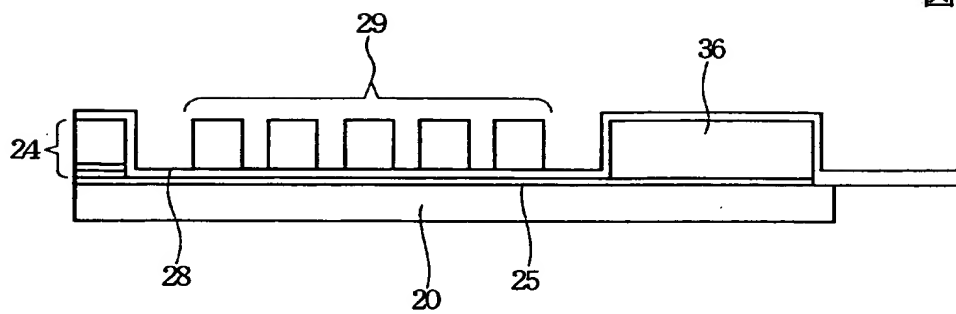


【図 7】



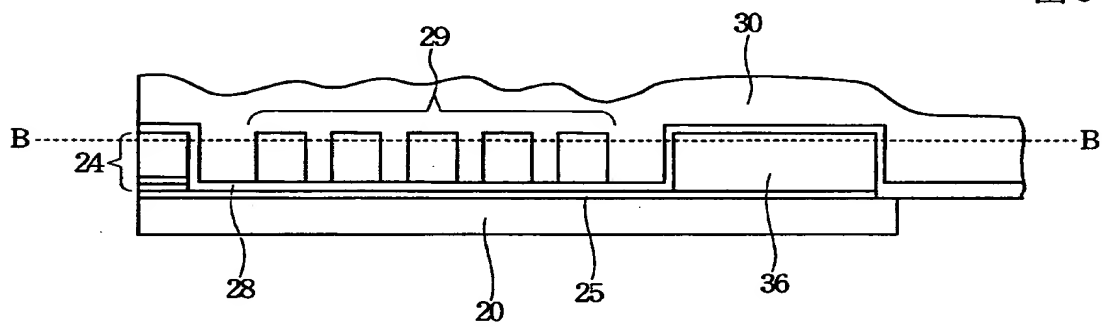
【図 8】

図 8



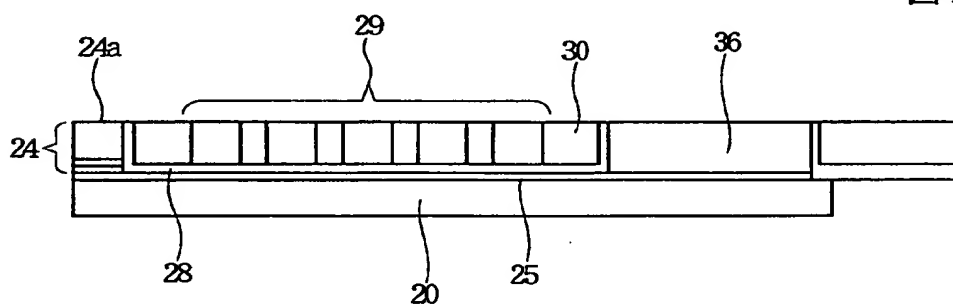
【図 9】

図 9



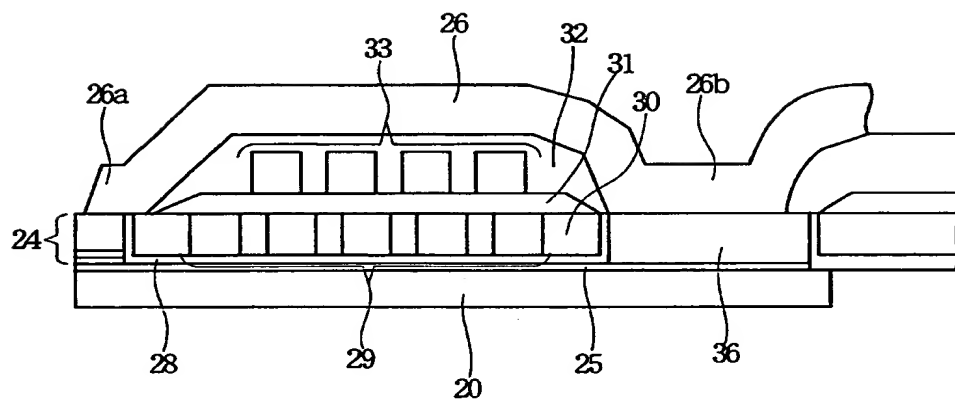
【図 1 0】

図 10



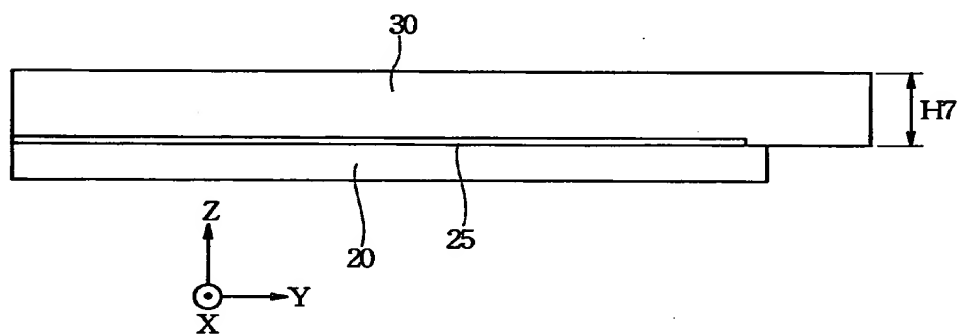
【図 1 1】

図 11



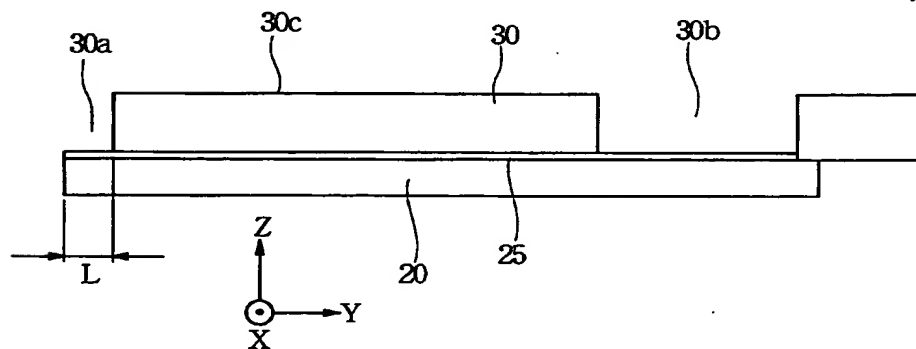
【図 1 2】

図 12



【図 1 3】

図 13



【図 1 4】

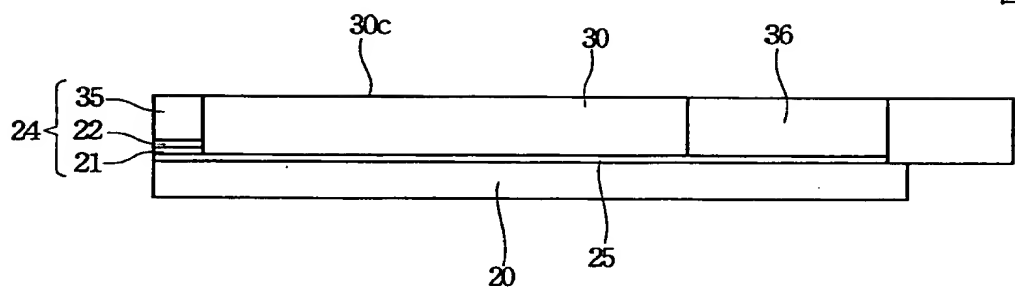


図 14

【図 1 5】

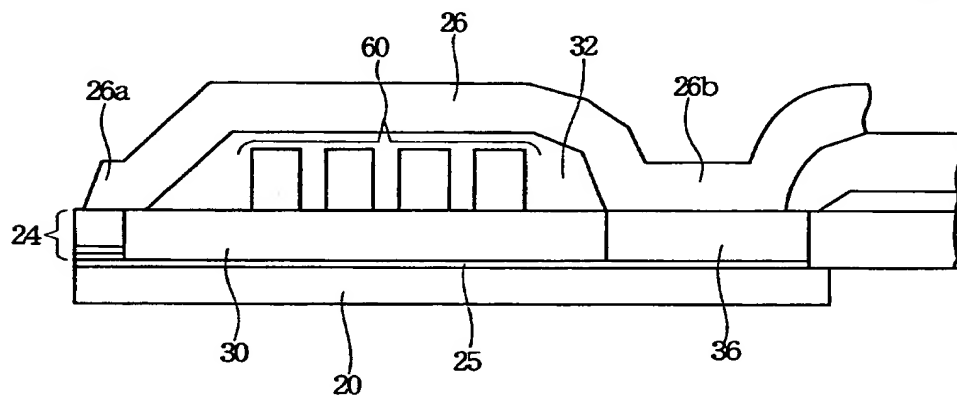


図 15

【図 1 6】

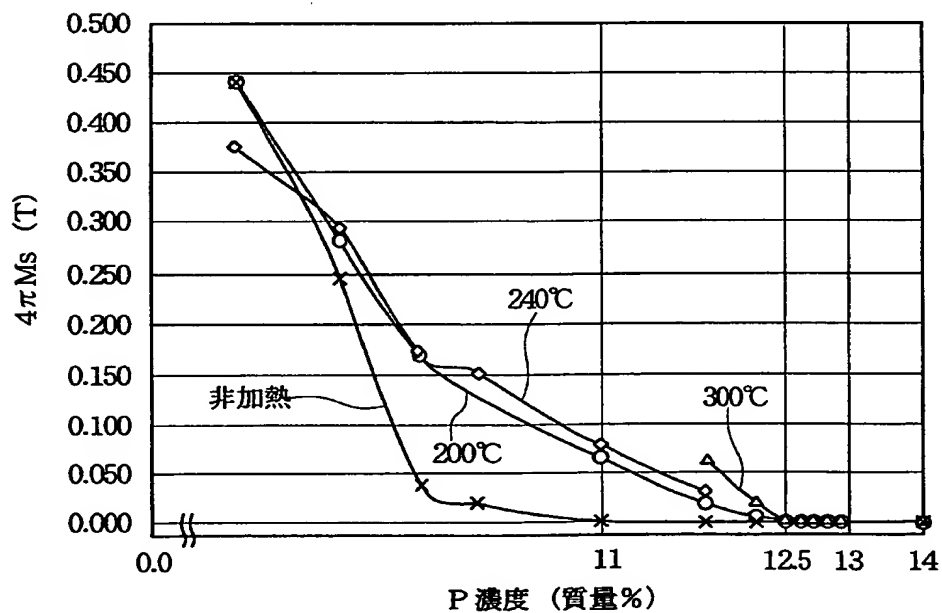
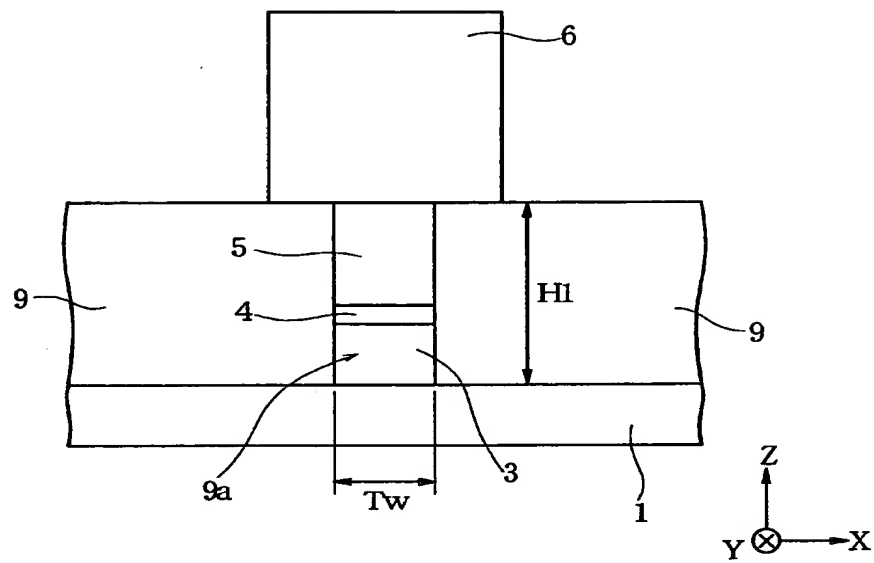


図 16

【図 17】

図 17



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層にNiPなどの金属材料を用いるときに、NiPを非磁性にするための条件が不明確であった。

【解決手段】 ギャップ層22を形成するためにNiPを用いて、さらに、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量を11質量%以上14質量%以下とすることにより、ギャップ層22を非磁性状態にすることができる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
氏 名 アルプス電気株式会社